네트워크형 가상현실 시스템에서의 자원할당

오 세 웅†

요 약

네트워크를 이용한 가상현실시스템이 3차원 그래픽 뿐만 아니라 오디오, 비디오를 취급하면, 가상 공간의 품질은 현재 사용 가능한 네트워크 대역폭이나 엔드 시스템의 자원에 커다란 영향을 받는다. 또한 자원 예약형의 네트워크를 사용하더라도 네트워크형 가상현실 시스템에서는 사용자의 공간 네비게이션에 따라 요구되는 자원이 변화하므로 결국 가상공간의 품질이 떨어지는 결과를 초래한다. 본 논문에서는 네트워크형 가상현실 시스템에서의 자원 할당 방법을 제안하여 네비게이션에 따른 가상공간의 품질 저하를 최소화하며 이를 실험을 통해 그 효율성을 입증한다.

Resource Allocation for Networked Virtual Reality Systems

OH Sei Woong†

ABSTRACT

When a networked virtual reality system handles composite media audio and video as well as three dimensional computer graphics, the quality of the virtual space is greatly affected by the current available network, and end system resources. Even if the network can preserve a certain amount of resources, the required resources change dynamically according to the user's navigation of a large virtual space, and then it may decrease the quality of the virtual space. In this paper, a method for resource allocation is proposed and the proposed system copes with the deterioration of quality of virtual spaces in case that the starvation of system resources occurs. The experimental results show that the proposed method is efficient.

1. 서 론

가상현실에서 사람들은 컴퓨터가 만든 가상공간을 항해할 수 있게 되었으며 더구나 네트워크를 이용하여 Virtual Reality Modeling Language(VRML)[1]라고 하는 가상공간을 표현한 데이터를 서로 교환함으로써 가상공간을 공유할 수도 있게 되었고 이러한 응용 프로그램을 제공하는 네트워크형 가상현실 시스템을 NVR(Networked Virtual Reality) 시스템이라고 한다. 이러한 시스템에서, 사용자가 컴퓨터 마우스를 클릭하면 다른 가상공간이 해당 서버로부터 전달되어 오며 사용자는 다른 가상공간을 이용할 수 있게 된다. VRML은 네트워크로 연결된 사용자들이 각각 가상공간을 공유하거나 교환하는 기본적인 메커니즘을 제공하고 있다.

그러나 VRML이 비록 사용자들 사이에서 가상공간을 공유하는 메커니즘을 제공하고 있지만, 네트워크 대역폭, 컴퓨터의 CPU와 같은 자원을 관리하는 메커니즘을 제공하지 않으므로, 사용자는 가용 네트워크 대역폭의 변화 등에 의해 네비게이션의 속도가 저하되는 등 가상공간의 품질이 저하되는 경우가 발생한다[2,3]. 이것은 어플리케이션이 수행하는 도중에 네트워크의 가용 대역폭 혹은 CPU부하 같은 시스템의 자원이 부족하여 발생하고 그 결과 랜더링(rendering) 속도 및 각종 상호작용에도 영향을 미치어 서로의 데이터를 공유하기가 힘든 상황이 발생하기도 한다. 이러한 현상은 자원 예약형인 네트워크를 이용하여도 사용자의 네비게이션에 따라 필요한 자

† 정회원, 동명정보대학교 정보공학부 조교수

원량이 변화하므로 같은 문제점이 발생하여, 네트워크형 가상현실의 목적인 현실감에 커다란 장애요인으로 등장하고 있으며 시스템이 추구하는 목적을 달성할 수 없기 때문에 시스템의 필요성에 대해서도 거론될 정도의 문제점으로 등장하게 되었다.

이러한 문제를 해결하기 위해서 시스템에서 해야 할 일은, 제한된 가용자원을 최대한 효율적으로 관리하여 중요한 객체가 요구하는 자원은 최대한 지원하고 중요하지 않는 자원은 경우에 따라서는 충분한 자원량을 할당하지 않는 자원 할당 메커니즘이 필요하다. 그러나 가상 공간내의 많은 객체 중 어떤 객체가 중요하며 그 기준은 어떤 것인가라는 어려운 문제가 있다.

종래의 연구에서[1,4,5]는 사용자와 객체간의 거리만을 고려한 *LoD*(Level Of Detail)기반의 자원 할당 제어를 제안하였으나 거대하고 복잡한 가상공간을 고려하지 않았다. 최근 aura/nimbus개념을 이용하여 가상 공간의 객체를 중요한 객체 그룹과 그렇지 않은 그룹으로 나누어 자원관리를 하는 QoS(Quality of Service) Architecture가 제안되었으나[6] 다양한 객체의 중요도를 표현하지 못하는 문제점이 있다.

본 논문에서는 네트워크형 가상현실 시스템에서의 자원 할당 방법을 제안한다. 제안한 방법은CPU와 같은 시스템 자원과 대역폭과 같은 네트워크 자원이 부족한 경우, 즉 가상공간에 존재하는 객체에게 필요한 자원이 부족할 경우 가장 중요한 객체서부터 그렇지 않은 객체를 수식적으로 분류하여 이를 바탕으로 자원을 재할당 하는 것이다. 이러한 방법을 이용하여 동적으로 변하는 객체가 필요한 자원을 효율적으로 조절하고 그 결과 중요한 객체의 품질을 보전함으로써 시스템이 추구하는 목적을 달성하게 한다. 제안된 방법을 가상쇼핑몰 시스템에 적용하였으며 실험을 통해 제안된 방법의 효율성을 입증한다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 2장에서는 NVR 시스템의 개요에 대해서 설명하고, 3장에서는 본 논문에서 제안한 자원할당 방법에 대해서 설명하고 4장에서는 구현 및 실험에 대해 설명하고 마지막으로 5장에서 결론을 맺고, 앞으로의 과제를 제시한다.

2. NVR시스템의 개요

최근 QoS가 가능한 네트워크가 등장하게 되어 RSVP(Resource Reservation Protocol)와 같이 네트워크 자원에 대한 예약이 가능한 프로토콜도 등장하였으며 패킷의 우선순위에 근거로 한 서비스를 하는 라우터도 개발되었다. 이러한 우선순위를 고려한 통신 메커니즘은 DiffServ[7] 라고 하는 IETF working group에서 논의되고 있다. 또한 일반적인 인터넷 환경과 같이 best-effort형의 네트워크도 현실적으로 공존하고 있다.

본 논문에서는 이와 같이 네트워크 자원이 예약 가능한 경우와 그렇지 않은 경우를 모두 고려하며 사용 가능한 자원에 따라 객체에 적용되는 자원을 재할당하여 가용자원의 변동에 따른 전체 어플리케이션의 품질의 저하를 방지하는 NVR 시스템을 구축하며 그 개관은 그림 1과 같다.

그림 1. NVR 시스템의 개관

그림 1에서 NVR 시스템은 클라이언트가 서버측에 서비스를 요구하면 QoS 에이전트가 서비스를 하기 위해 필요한 네트워크 자원을 관리하는 구조를 하고 있다.

3. 자원 할당 방법

본 논문에서 제안된 자원할당 방법은 가상공간에 존재하는 컴퓨터 그래픽 객체와 실시간 영상 객체 및 오디오 객체가 네트워크와 시스템의 자원 부족에 따른 불규칙한 품질 저하로 인해 시스템의 전체적인 품질 저하를 방지하는 것이 목적이다. 사용자의 인지도에 기인한 각 객체의 중요도(IoP)[8-11]를 계산하고 이를 기반으로 네트워크와 시스템의 자원이 부족

한 경우 중요도가 높은 객체에 대한 자원을 우선 할당하는 방식으로 자원을 재할당한다.

3.1 *IoP*(Importance Of Presence)

*IoP*값이 작은 객체는 제안된 시스템에서는 사용자의 인지도가 높지않다는 의미이며 이는 시스템과 네트워크의 자원이 부족할 때 객체의 품질을 저하시켜서 자원에 대한 부담을 덜게 하는 반면, *IoP*값이 높은 객체는 보다 높은 수준의 품질을 유지하게 한다. 3차원 객체와 영상 객체에 대한 *IoP*의 개념 및 계산방법은 다음과 같다.

사용자의 위치에서 멀리 떨어진 객체와 사용자의 시선에서 많이 벗어난 객체에 대한 인지도는 그렇게 높지않다.
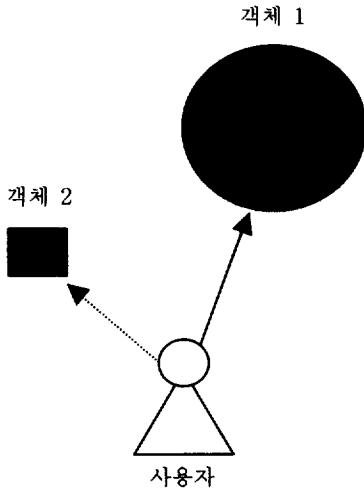
그림 2. 객체의 크기에 대한 인지도

그림 2와 같이 객체1이 비록 객체2보다 사용자로부터 멀리 떨어진 공간에 위치하지만 면적이 크므로 인지도는 높다고 할 수 있다. 제안된 시스템에서의 *IoP*는 사용자와 객체간의 거리 및 각도 그리고 객체의 자체 면적에 대한 함수로 정의한다. 그림 3에서 사용자와 객체간의 거리, 각도 및 객체의 면적을 각각 l, θ, S라고 한다면 하나의 객체 *IoP*는

$$I = f(l, S, \theta)$$

로 정의한다.

가상공간의 객체가 N개 있다고 가정하면 i번째 객체의 *IoP*값을 IoP_i라고 한다면
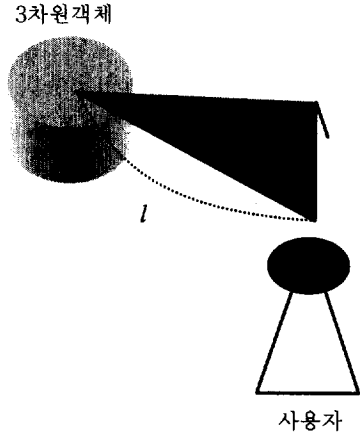
그림 3. 시선과 객체에 대한 인지도

$$I_i = f(l_i, S_i, \theta_i),$$

$$IoP_i = \frac{I_i}{\sum_{i=1}^{N} I_i} \qquad (1)$$

$(I=1N)$

$$0 \le IoP_i \le 1$$

$$\sum_{i=1}^{N} IoP_i = 1$$

라고 할 수 있다. 여기서 l, S_i, θ_i은 i번째 객체의 l, S 그리고 θ를 의미한다. 앞에서 설명한 사용자의 인지도를 반영한다면

$$f(l_i, S_i, \theta_i) = \frac{S_i}{l_i}(\cos\theta_i + 1)$$

이라고 할 수 있다.

위의 식에서의 가정은 다음과 같다.

- 사용자의 뒤에 있는 객체는 품질면에서 무시할 수 있다..
- 사용자로부터 먼 곳에 위치한 객체의 품질일수록 무시할 수 있다.
- 사용자로부터 먼 곳에 위치한 매우 큰 객체는 사용자로부터 가까운 곳에 위치한 매우 작은 객체보다 우선 순위가 높다.

3.2 자원할당 방법

시스템 초기에는 best effort인 경우, 가용자원에 대한 정보가 없으므로 가상공간에 존재하는 모든 객

체가 필요로 하는 자원을 할당하며 또한 자원 예약형일지라도 객체가 필요한 자원을 예약했다고 가정하면 초기에는 best effort와 마찬가지로 모든 객체에 필요로 하는 자원을 할당한다. 그러나 시스템의 자원이 예약이 가능한 환경에서도 가상현실 시스템은 사용자의 네비게이션에 따라 각 객체가 필요한 자원량이 변한다. 이때 자원이 부족하면 가상공간의 품질저하를 초래하므로 중요한 객체에 보다 많은 자원을 할당하는 것이 주된 목표이다.여기서 자원의 할당이란 곧 객체의 품질을 결정하므로 결국 품질을 선택하는 것이며 공간 내 중요한 객체의 품질을 우선적으로 고려함으로써 가상공간이 갖는 의미를 유지한다. 자원할당 방법은 아래와 같다.

- 각 객체의 *IoP*를 식(1)을 통해 계산한다.
- *IoP*값에 따라 각 객체에 대한 자원을 할당한다.
- 할당된 자원에 따라 적당한 품질을 선택하며 잉여자원이 남으며 반환한다.
- 잉여자원은 필요한 객체에 할당된다.

3.3 자원할당을 이용한 자원관리

초기 자원 할당은 가상공간에서 사용자가 볼 수 있는 객체를 전송하는 전송 메커니즘에서부터 시작한다. 전송메커니즘은 가상공간 전체의 객체를 전송하는 것이 아니고 사용자 측에서 보일 수 있는 객체를 우선 전송한다. 또한 보이는 객체 전송 중에서도 우선 순위가 결정되는데 이것은 바로 IOP 값을 근간으로 결정되며 이때, 자원 할당 방법에 의해 네트워크 자원인 대역폭이 할당된다. 전송되어야 할 객체의 수가 *N*개라 하면, *i*번째의 객체가 준비한 품질의 종류는 M_i개라고 하고 1이 가장 낮은 품질이며 M_i가 가장 높은 품질이라고 하자. 초기에는 모든 객체의 최고 품질을 할당하면 *i*번째 객체가 필요로 하는 네트워크 대역폭을 B_{Mi}라고 할 수 있다. 전체 가용대역폭을 T_B라 할 때, 잉여자원은

$$S = T_B - \sum_i B_{w_i}$$

라고 할 수 있다. 그러나 사용자의 네비게이션에 따라 새로운 객체의 전송 등에 의해 필요한 네트워크 자원이 달라질 수 있다. 이러한 경우 필요한 네트워크 대역폭을 T'_B라면

1) $T_B' \le S$ 경우

잉여자원으로 필요한 네트워크 자원을 보충할 수 있는 경우이다. 필요한 네트워크 대역폭은 객체와 객체의 품질이 결정하며 위에서 설명한대로 새롭게 할당할 객체 *i*를 위한 대역폭은 B_{Mi} 이다.

2) $T_B' > S$ 경우

이 경우는 사용 가능한 자원의 부족으로 객체의 스케일링을 해야 한다. 객체 스케일링을 하려면 어떤 객체를 어느 정도의 품질로 스케일링을 할 것인가가 중요하다. 어떤 객체의 품질을 스케일링할 것인가는 수식 1. 의 *IoP*값을 기반으로 한다. 따라서 하나의 가상공간에 사용자가 볼 수 있는 객체 중 *IoP*값이 가장 작은 것을 먼저 스케일링하고 그래도 필요한 자원이 부족할 경우 그 다음으로 가장 작은 *IoP*값을 갖는 객체의 품질을 조절하는 방법을 사용한다. 이렇게 함으로써 필요한 자원이 부족할 때, 사용자의 현재 위치 및 시선에 기인하여 인지도가 높지않는 객체의 품질을 의도적으로 저하시켜서 부족한 자원에 적응할 수 있게 된다.

스케일링할 객체가 결정되면 어느 정도의 품질로 조절할 것인가에 대해 설명한다. 사용자가 가상공간을 나타내는 하나의 VRML 파일에서 i번째 객체의 *LoD*가 M_i개 있다고 가정한다. 여기서 이 객체의 *LoD*가 1이라는 의미는 가장 품질이 낮은 *LoD*를 갖는 의미이며 M_i는 가장 높은 품질의 *LoD*를 의미한다. 만약 i번째의 객체의 *LoD*의 수준인 j가 아래와 같은 식을 만족한다면 j를 한계 *LoD*로 사용할 수 있다.

$$\frac{j-1}{M_i} \le IoP_i < \frac{j}{M_i}$$

이와 같은 방법으로 객체의 품질을 의도적으로 저하시켜서 자원 부족 문제가 해결되면 객체 스케일링은 중단되지만 그렇지 않을 경우에는 한계 *LoD*까지 계속해서 품질을 저하시킨다.

4. 구현 및 실험 결과

4.1 구현

제안된 자원 할당 방법을 실험하기 위하여 그림 4와 같은 NVR 시스템을 구축하였다. 그림 4에서와 같이 서버는 자원 할당기, 품질 선택기, 객체 전송기 등으로 구성되어있고 클라이언트는 객체 수신기, VRML 브라우저 및 *IoP* 계산기로 구성되어 있다.

그림 4. 제안된 NVR 시스템의 구조

서버는 가용자원에 대한 정보를 QoS 에이전트를 통해 전달 받아 *IoP*에 대응하는 자원을 할당한다. 또한 품질 선택기는 자원에 대응하는 각 객체의 품질을 선택하며 이를 객체 전송기를 통해 클라이언트로 전송한다. 또한 클라이언트는 주기적으로 사용자의 위치 및 상태정보를 검사하고 이를 중심으로 *IoP*를 계산하여 이를 서버에 전송하는 역할을 한다. 자원 감시 모니터는 서버 및 클라이언트의 객체 전송부분에 포함되어 있다. 이러한 구조로 그림 5와 같이 실시간 동영상 및 채팅이 가능한 가상 쇼핑몰을 설계하였으며 VRML과 Java로 구현하였다

4.2 실험

본 논문에서 두개의 동영상 객체를 생성하여 사용자의 공간 이동에 의한 IoP값의 변동에 따른 자원할당을 측정하였다.

그림 5의 우측에 사각형 모양의 동영상이 두개 있는데 화면 앞의 동영상이 object1, 뒤의 동영상이 object2이며, 실험을 간단히 하기 위해서 두개의 동영상 객체만을 고려하여 IoP를 계산하였다. 나머지 객체는 서버를 통해 IoP 순서대로 클라이언트에 전송된다.

실험 방법은 화면 중앙에서 object2쪽으로 네비게이션 하였을 때, IoP값에 기인한 자원할당량 및 실제 트래픽을 측정하였다. 그림 6은 공간을 항해하는 동안 IoP의 변화가 있었으며 이에 따라 각 객체에 대한 자원할당량이 변화하고 있는 모습을 보여주고 있으며 그림 7은 자원할당에 따른 실제 트래픽의 변화를 나타내고 있다. 또한 그림 7에서 두 객체간 실제 트래픽의 최대치가 겹치지 않고 잘 분포되어 있음을 알 수 있으며 이는 자원할당이 효율적으로 분배되었음을 나타내고 있다.

그림 5. 가상 쇼핑몰
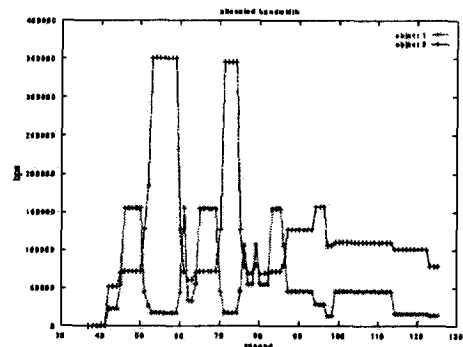
그림 6. 두개의 객체에 대한 자원 배분
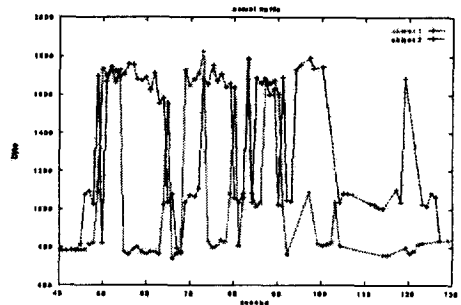
그림 7. 두개의 객체에 대한 실제 트래픽

5. 결론 및 향후 연구

네트워크형 가상현실 시스템에서 사용자의 가상

공간 네비게이션에 의해 요구되는 자원량의 변화로 인한 가상공간의 품질저하를 방지하기 위하여 자원할당 알고리즘을 제안하였고 또 이를 시스템에 구현하였다. 제안된 시스템은 실시간 영상처리를 가상공간에서 하며 시스템 및 네트워크의 자원이 부족한 경우 자원을 다시 할당하여 가상공간의 품질 저하로 인한 영향을 최소화하였다. 실험 결과 IoP를 근간으로 각 객체에 대한 자원할당이 되었으며 또한 사용자가 가상공간을 네비게이션하는 동안 동적으로 변화함을 알 수 있었다. 또한 이러한 자원할당 알고리즘에 의해, 과중한 트래픽이 두 영상 객체사이에 겹치지 않아 보다 많은 클라이언트를 지원할 수 있는 효율적인 시스템이라는 것을 알 수 있었다.

본 논문에서 제안한 알고리즘을 멀티유저환경에 맞는 알고리즘으로 발전시키는 것이 향후 과제로 남아있다.

참 고 문 헌

[1] VRML97,*http://www.vrml.org/technicalinfo/specifications/**vrml97***.

[2] O. Hagsand, Interactive Multi-user VEs in the DIVE system, IEEE MultiMedia, Vol.3, No.1, pp.30-39, Spring 1996.

[3] M.R. Macedonia and M.J. Zyda, A Taxonomy for Networked Virtual Environment, IEEE MultiMedia, Vol.4, No.1, pp.48-56, January-March 1997.

[4] M. Arikawa, A. Amano, K. Maeda, R. Aibara, S. Shimojo, Y. Nakayama, k. Hiraki, H. Nishimura, and M. Terauchi, Dynamic LoD for QoS Management in the Next Generation VRML, Proceedings of 3rd IEEE International Conference on Multimedia Computing and System pp.24-27, June 1996.

[5] H. Nakanishi, C. Yoshida, T. Nishimura, and T. Ishida, Freewalk: Supporting Casual Meeting in a Network, Proceedings of International Conference on Computer Supported Cooperative Work, pp.308-314, 1996.

[6] Greenhalgh,C., Benford, S. and Reynard, G., A QoS Architecture for Collaborative Virtual Environments, *ACM Multimedia (MM'99)*, Orlando, Florida, November, 1999, ACM Press

[7] A Framework for Differentiated Services, *http//www.ietf.org/internet-drafts/draft-ietf-diffserv-framework-01.txt*

[8] Seiwoong Oh, Hiroyoki Sugano, Kazutoshi Fujikawa, Toshio Matsuura, Shinji Shimojo, Masatoshi Arikawa, Hideo Miyahara, A Dynamic QoS Adaptation Mechanism for Networked Virtual Reality,, Proceedings of Fifth IFIP International Workshop on Quality of Service, pp.397-400, New York, USA, May 1997.

[9] Seiwoong Oh, Hiroyuki Sugano, Kazutoshi Fujikawa, Toshio Matsuura, Shinji Shimojo, Masatoshi Arikawa, Hideo Miyahara, QoS mapping mechanism for Networked Virtual Reality, Proceedings of SPIE conference on Performance and Control of Network Systems, pp.18-26, Dallas, USA, November 1997.

[10] Kazutoshi Fujikawa, Tomohiro Taira, Seiwoong Oh, Daisuke Kado, Shinji Shimojo, and Hideo Miyahara, "A Quality Control Mechanism for Networked Virtual Reality System with Video Capability," Proceedings of IEEE International Conference on Multimedia Computing and Systems, pp.214-217, Austin, TX. USA, June-July, 1998.

[11] 오세웅, 확장성을 고려한 네트워크형 가상현실 시스템, 멀티미디어학회논문지, 제3권, 제2호, pp.157-163, 2000

오 세 웅

1985년 한양대학교 공과대학 전자공학과 졸
1987년 한양대학교 대학원 전자공학과 졸
1998년 오사카대학교 기초공학부 정보공학과 졸
1987년~1994년 한국전자통신연구원 선임연구원
1998년~현재 동명정보대학교 정보공학부 조교수
관심분야 : 가상현실, 멀티미디어통신